

Entomopolis : de la production de masse d'insectes auxiliaires au maintien de macro-organismes réglementés

Marcel Thacon¹, Pascaline Audant¹, Nicolas Ris¹, Nicolas Borowiec¹

Résumé. En 2010, l'UMR « Institut Sophia Agrobiotech » s'est doté d'un nouveau bâtiment d'élevage pour les insectes réglementés, « Entomopolis ». Ce document a pour objectif de décrire cette infrastructure et de partager l'expérience acquise en ce qui concerne la maintenance, l'utilisation et l'évolution de la zone dédiée à des activités de RDLB (recherche et développement en lutte biologique). Dans un premier temps, l'article traite des grands principes de fonctionnement et de l'évolution de ce bâtiment pour mettre en place les normes de sécurité. Dans un second temps, nous abordons l'organisation fonctionnelle et la mise en place de procédures adaptées au travail quotidien. En 2012, la partie « Lutte Biologique » a demandé l'obtention d'un agrément pour la détention d'un organisme de quarantaine. La même année, la réglementation sur les auxiliaires exotiques nous a également obligés à nous plier à de nouvelles normes. Ces diverses évolutions nous ont conduits à rédiger un certain nombre de procédures plus contraignantes pour l'ensemble du personnel travaillant en lutte biologique. Suite à ces changements d'organisation, une réflexion plus générale au sujet de la zone RDLB s'est imposée. En 2016, nous avons donc décidé d'isoler la zone réglementaire du reste des activités expérimentales. Depuis la prise en main du bâtiment, nous n'avons cessé d'y apporter des améliorations. Actuellement, nous avons un outil performant reconnu par les instances administratives et bien adapté aux différents besoins des deux équipes concernées.

Mots-clés : bioconfinement, élevage d'insectes, lutte biologique, macro-organismes exotiques, réglementation

Introduction

Située à Sophia Antipolis et intégrée au Centre INRA PACA, l'Unité mixte de recherche « Institut Sophia Agrobiotech » (ISA) regroupe environ 135 agents permanents de l'INRA, du CNRS et de l'Université de Nice-Sophia Antipolis. Situées à l'interface Agriculture-Environnement, les principales thématiques de recherche développées dans ISA concernent les **interactions entre plantes, bio-agresseurs, auxiliaires et symbiotes**. Pour cela, l'ISA fédère des compétences fortes en **génomique comparative, évolutive et fonctionnelle**, en **écologie des communautés** et en **agronomie**. L'objectif finalisé est d'intégrer ces connaissances dans le développement de stratégies agronomiques innovantes (protection intégrée, lutte biologique), plus respectueuses de l'environnement et de la santé humaine.

Au niveau organisationnel, l'Unité se compose de 12 équipes, dont deux ont été confrontées à la gestion d'insectes soumis à réglementation : d'une part, l'équipe « Défense des insectes » (ID – Responsable : C. Coustau) qui s'est notamment intéressée aux mécanismes de détoxification mis en œuvre chez un lépidoptère phytophage réglementé, *Spodoptera frugiperda* (Giraud et al., 2015) ; d'autre part l'équipe « Recherche et développement en lutte biologique » (RDLB – Responsable : N. Ris) qui affiche quant à elle des objectifs appliqués de lutte biologique². Dans ce dernier cas, les activités nécessitent donc l'élevage simultané de plusieurs espèces de « ravageurs » (dont certaines peuvent être soumises à réglementation) et d'« auxiliaires », dont certains d'origine exotique.

C'est par rapport à ces besoins et à l'occasion du déménagement de l'activité « Lutte Biologique » sur le site de Sophia-Antipolis qu'a été réfléchi puis construit le bâtiment de quarantaine Entomopolis, inauguré fin 2009. Dans un premier temps, nous présenterons la structure du bâtiment et les équipements qui lui sont associés ainsi que les grands principes de son fonctionnement. Dans un second temps, nous évoquerons l'organisation fonctionnelle et les procédures mises en place dans le bâtiment. Enfin, nous aborderons la question des améliorations souhaitées/souhaitables du bâtiment, en lien notamment avec les évolutions de la réglementation relative au maintien de macro-organismes.

1 Institut Sophia Agrobiotech, INRA-CNRS-UCA, 06903 Sophia Antipolis, France
marcel.thacon@inra.fr

2 Lutte biologique : utilisation d'organismes vivants (appelés « auxiliaires ») pour limiter les populations d'une autre espèce jugée nuisible (appelée « ravageur ») (d'après Eilenberg et al., 2001).

Organisation structurale du bâtiment

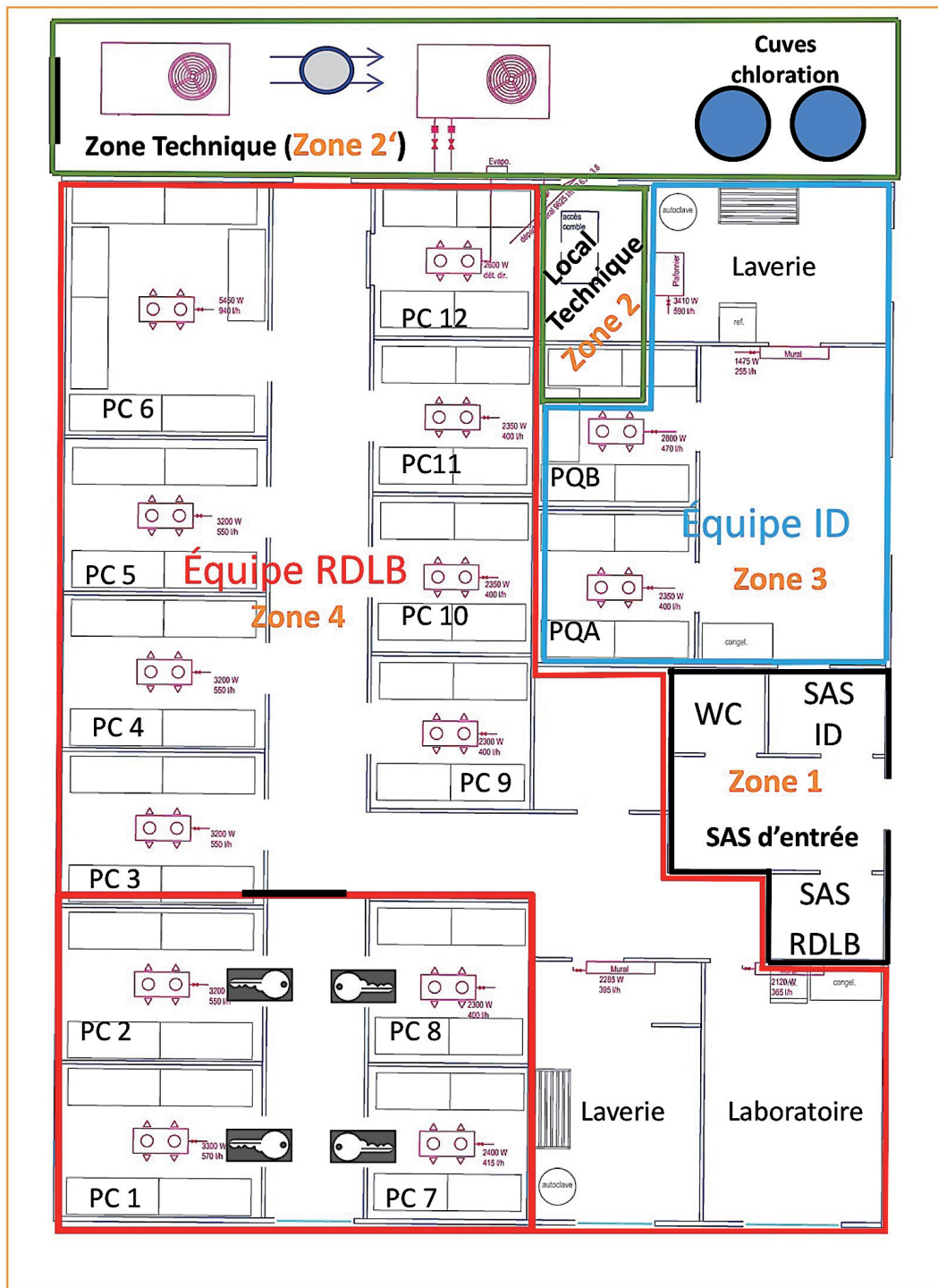


Figure 1. Plan global d'Entomopolis avec le découpage des différentes sous-parties.

Zone 1 : Sas d'entrée contenant le panneau d'alarmes.

Zone 2 : Local technique incluant tableaux électriques et adoucisseur.

Zone 2' : Zone technique incluant groupes froids et cuves de chloration.

Zone 3 : Partie « Quarantaine ID ».

Zone 4 : Partie « Lutte Biologique » (inclut la nouvelle zone « réglementée » - cf. § Evolutions).

D'une surface totale de 218 m², ce bâtiment peut être divisé en quatre sous-parties (**Figure 1**) :

- ✓ une partie commune représentée par le sas d'entrée du bâtiment (**Figure 1**, zone 1) dans lequel se trouvent deux sas, des toilettes, les panneaux d'affichage des alarmes techniques des pièces climatiques et le registre des procédures du bâtiment (cf. **Tableau 1**) ;
- ✓ une partie technique composée d'un local technique (**Figure 1**, zone 2) qui abrite le tableau électrique général et les disjoncteurs secondaires de l'ensemble du bâtiment ainsi qu'un adoucisseur d'eau pour diminuer la dureté de l'eau, très importante dans la région. C'est également par ce local que nous accédons aux combles où se trouvent, d'une part, la centrale de traitement d'air (CTA) qui alimente les flux d'air de l'ensemble de la structure, et d'autre part, les évacuations d'air munies de filtres en provenance des pièces climatiques et des autoclaves (voir plus bas). L'accès à ce local est restreint par la présence d'une serrure. Attenant à ce local, une seconde zone technique (**Figure 1**, zone 2') comprend les deux cuves de chloration, ainsi que les deux groupes froids fournissant l'eau froide à un échangeur qui alimente toutes les pièces climatiques. L'ensemble de cette zone est délimité par un grillage et nous y accédons par un portillon fermé à clé, ceci afin d'éviter toute erreur de manipulation par des personnes non habilitées ;
- ✓ une partie « Quarantaine ID » (**Figure 1**, zone 3) dédiée aux activités de l'équipe ID. D'une surface de 41 m², cette partie est composée d'un sas d'accès, d'un laboratoire (15,9 m²), d'une laverie et de deux chambres climatiques de 6,7 m² chacune ;
- ✓ une partie « Lutte Biologique » (**Figure 1**, zone 4) dédiée aux activités de l'équipe RDLB. Cette partie, d'une surface totale de 164 m², est constituée d'un sas d'accès, d'un laboratoire (12,3 m²), d'une laverie, d'un couloir de circulation, d'une pièce de rangement et de 12 pièces climatiques de tailles variables : 6,5 m² pour les pièces 7 à 12, 8,25 m² pour les pièces 1 à 5 et 13,7 m² pour la pièce 6.

Lors de la construction de ce bâtiment, plusieurs points ont été identifiés comme essentiels pour permettre un confinement optimal des macro-organismes étudiés.

La situation géographique

Entomopolis a été construit de manière à être physiquement isolé des autres bâtiments existants sur le site. Cela permet de limiter les flux de personnes ainsi que les éventuelles contaminations provenant d'autres élevages présents sur le site.

La restriction d'accès

Toujours dans un but de limitation des flux de personnes, nous avons sécurisé l'accès aux différentes parties d'Entomopolis. En plus des serrures disponibles sur les parties techniques (zones 2 et 2' sur la **Figure 1**), les accès au sas d'entrée du bâtiment et aux deux sas intérieurs sont contrôlés par des lecteurs de badge (zones 3 et 4 sur la **Figure 1**). Le sas d'entrée est accessible aux utilisateurs habilités des deux équipes (ID et RDLB), aux agents des services techniques ainsi qu'à une entreprise de surveillance et à une entreprise de nettoyage. L'accès aux zones « laboratoires » est restreint exclusivement aux utilisateurs habilités et aux services techniques.

La fermeture automatique et l'asservissement des portes d'entrée

Les portes des différents sas sont munies de fermetures automatiques et sont asservies entre elles, empêchant l'ouverture simultanée de deux portes. Par exemple, si une des portes du sas « Lutte Biologique » est ouverte, il n'est pas possible d'ouvrir la porte d'entrée du bâtiment ou une des portes du sas « Quarantaine ID ».



La création de pressions différentielles

Afin de limiter le risque d'échappement d'insectes par voie aérienne, les pièces climatiques sont en dépression par rapport aux couloirs tandis que les sas sont en surpression par rapport au couloir ($P_{\text{sas}} > P_{\text{couloir}} > P_{\text{pièces climatiques}}$). Ceci garantit que, au moment de l'ouverture des portes, la circulation de l'air se fait toujours de l'extérieur vers l'intérieur.

L'existence de cuves de récupération des eaux usées

Tous les effluents du bâtiment (exceptés les sanitaires situés dans le sas d'entrée) sont collectés dans deux cuves de 1000 L chacune en vue d'un traitement avant libération vers le réseau d'assainissement général. Pour le traitement des eaux usées, nous avons mis en place une procédure spécifique (Proc-RDLB-003) qui est réalisée par les personnes habilitées : lorsqu'une cuve est pleine, un signal sonore retentit dans le bâtiment et un voyant lumineux s'affiche sur le panneau d'affichage des alarmes du sas d'entrée. La personne qui coupe ce signal sonore doit s'occuper du traitement de la cuve pleine. Pour cela, elle ferme la vanne d'arrivée d'eau de la cuve pleine, ouvre la vanne d'arrivée d'eau de la cuve vide, verse du chlore dans la cuve pleine (concentration de 3 g de chlore actif / L) puis actionne le brassage de la cuve traitée pendant 30 min. Elle s'inscrit sur le cahier de suivi des chlorations, et au bout de 48 h (délai pour que le chlore soit neutralisé), elle vide la cuve traitée et indique sur le cahier que le traitement de la cuve est terminé.

La présence d'autoclaves

Le bâtiment est pourvu de deux autoclaves, un dans la partie « Lutte Biologique » et un dans la partie « Quarantaine ID ». Tous les déchets solides provenant d'élevages faisant l'objet d'un agrément et/ou de mesures de confinement sont détruits par autoclavage (cycle de 134°C pendant 30 min). Pour les autres élevages, les déchets sont congelés (- 20°C pendant 48 h) et/ou autoclavés. Pour la manipulation des autoclaves, nous avons mis en place une procédure spécifique (Proc-RDLB-005) réservée aux personnels habilités. Pour chaque autoclavage effectué, tous les détails du cycle sont archivés dans un registre et sur ordinateur grâce au logiciel SEGO Soft.

La présence de filtres en sortie des systèmes d'aération

Le système d'aération du bâtiment est pourvu de filtres HEPA (« high efficiency particulate air filter ») à l'entrée de la gaine CTA, à la sortie des 14 pièces climatiques et à la sortie des deux autoclaves, limitant ainsi les risques d'échappement d'insectes par les conduits d'aération. Nous renouvelons ces filtres une fois par an selon une procédure adaptée (Proc-RDLB-002) qui consiste à fermer l'arrivée d'air de la sortie d'aération, placer un sac étanche autour de la gaine de sortie pour récupérer le filtre usagé, mettre en place un nouveau filtre puis ré-ouvrir l'arrivée d'air.

Tableau 1. Liste des procédures en vigueur dans Entomopolis

Code de la procédure	Titre de la procédure
Proc-RDLB-001	Maintenance Entomopolis
Proc-RDLB-002	Renouvellement des filtres
Proc-RDLB-003	Traitement des effluents (cuves)
Proc-RDLB-004	Surveillance de l'adoucisseur
Proc-RDLB-005	Autoclavage des déchets
Proc-RDLB-006	Réglage des pièces climatiques
Proc-RDLB-007	Guide Entomopolis
Proc-RDLB-008	Suivi des panneaux jaunes englués
Proc-RDLB-009	Fiches habilitation Entomopolis
Proc-RDLB-010	Expérimentations PC8 <i>Mastrus ridens</i>
Proc-RDLB-011	Gestion des équipements
Proc-RDLB-012	Gestion documentaire
Proc-RDLB-013	Gestion des fiches d'enregistrement
Proc-RDLB-014	Expérimentations PC2 Parasitoïdes exotiques <i>D. suzukii</i>

Organisation fonctionnelle du bâtiment

Fonctionnement technique

Chacune des pièces climatiques du bâtiment est munie en façade d'un régulateur numérique permettant une gestion de la température et de la photopériode. Ces régulateurs sont reliés à un système de GTC (gestion technique centralisée) supervisant l'ensemble des pièces climatiques du site. En plus de permettre le suivi, les différentes conditions (température, humidité, photopériode, etc.) de chaque pièce au cours du temps, ce système est également utilisé pour envoyer des alarmes par e-mail en cas de dysfonctionnement (dépassement de température par exemple).

En ce qui concerne les systèmes de sécurité à la personne, plusieurs téléphones sont disponibles dans le bâtiment (un dans la partie « Quarantaine ID » et deux dans la partie « Lutte Biologique »). En cas d'incendie, des boîtiers d'alarme (x3) ainsi que des extincteurs (x5) sont également répartis dans les différentes parties du bâtiment. Deux issues de secours sont disponibles : une porte de secours dans le couloir de la partie « Lutte Biologique » et une fenêtre (muni d'un marteau brise vitre) dans le laboratoire de la partie « Quarantaine ID ». Enfin, les différents sas sont équipés de boîtiers de déverrouillage permettant une ouverture d'urgence des portes.

Une telle structure génère des besoins significatifs en terme de maintenance, que ce soit dans les parties techniques (groupes froid, CTA, etc.) ou dans les laboratoires. Afin d'éviter toute erreur de manipulation (par exemple l'ouverture de plusieurs portes de sas pour le passage de matériel encombrant ou le passage par l'issue de secours), nous avons mis en place une procédure spécifique pour encadrer les interventions de maintenance réalisées par des sociétés extérieures (Proc-RDLB-001). De plus, ces personnes doivent s'inscrire sur le registre disponible dans le sas d'entrée, suivre l'ordre de passage instauré entre les différentes pièces climatiques, et respecter les consignes générales en vigueur (port de la blouse, etc.). Toute intervention de maintenance planifiée, fait l'objet de l'envoi d'un mail sur la liste de diffusion afin de prévenir tous les utilisateurs.



Fonctionnement collectif

Responsables

Un responsable (N. Borowiec) a été nommé pour Entomopolis, il est le garant du respect de la réglementation vis-à-vis de la DGAL (direction générale de l'Agriculture et de l'Alimentation). Il a pour rôle de mettre en place les procédures de fonctionnement et de travail et il délivre les autorisations d'accès. Deux responsables techniques ont également été nommés, un pour la partie « Quarantaine ID » (P. Audant) et un pour la partie « Lutte Biologique » (M. Thaon). Leur rôle est de faire respecter au quotidien les règles de fonctionnement et les procédures en vigueur, ainsi que de former les nouveaux arrivants. Ils font également le lien avec les services techniques.

Autorisation et formation des utilisateurs

Le premier principe de fonctionnement concerne l'autorisation d'accès au bâtiment Entomopolis. Toute personne qui souhaite obtenir une autorisation envoie un mail au responsable en explicitant l'objectif et la durée de l'autorisation. Une fois celle-ci validée, le nouvel utilisateur suit une formation lui présentant les principales consignes de fonctionnement du bâtiment. A la fin de cette formation, le nouvel utilisateur s'engage à respecter les procédures et consignes de sécurité/fonctionnement en signant une fiche d'habilitation.

Information et communication

Afin de permettre une utilisation optimale du bâtiment, un guide d'utilisation a été rédigé (Proc-RDLB -007). Ce guide rappelle les principes généraux de fonctionnement du bâtiment, les consignes d'utilisation et regroupe les principales procédures mises en place. Ce document, qui recense également tous les utilisateurs habilités à pénétrer dans le bâtiment, est mis à jour régulièrement.

Pour faciliter les échanges entre les utilisateurs et permettre une meilleure réactivité vis-à-vis des dysfonctionnements constatés, nous avons mis en place une liste de diffusion (entomopolis@listes.inra.fr). Elle regroupe l'ensemble des utilisateurs habilités ainsi que les services techniques.

Enfin, les utilisateurs sont tenus d'afficher sur la porte de la pièce climatique qu'ils utilisent, une fiche de suivi indiquant notamment les organismes maintenus dans la pièce, les conditions de température et d'humidité ainsi que le nom et le numéro de téléphone des personnes responsables. Une copie de ces fiches est conservée par le responsable du bâtiment.

Organisation des élevages

Au niveau fonctionnel, l'organisation est différente selon qu'on se trouve dans la partie « Quarantaine ID » ou dans la partie « Lutte Biologique ».

La partie « Quarantaine ID » possède uniquement deux pièces climatiques et seul un très petit nombre de personnes sont habilitées à y pénétrer car les consignes à respecter sont beaucoup plus strictes. De plus, la manipulation et/ou le maintien d'organismes réglementés nécessite la mise en place de procédures spécifiques, comme par exemple, l'autoclavage systématique de tous les déchets solides, et le port de sur-chaussures et de blouses.

La partie « Lutte Biologique » regroupe un plus grand nombre de pièces climatiques (12), et donc d'utilisateurs (10 à 20 personnes selon les projets en cours). Ces pièces climatiques sont associées à différents programmes de lutte biologique (leur nombre et leur durée étant variables dans le temps) impliquant une importante diversité d'élevages de ravageurs et d'auxiliaires. A titre d'exemple (**Tableau 2**), toutes les pièces climatiques sont actuellement occupées par des élevages d'insectes, excepté la PC12 (utilisée pour du stockage au froid) et la PC1 (actuellement hors service). A noter que les diverses souches/espèces de trichogrammes (PC7 et PC10) sont maintenues dans le cadre des activités du Centre de ressources biologiques Ep-Coll, dédié aux parasitoïdes oophages (cf. Marchand et al., 2017).

Tableau 2. Organisation spatiale. Liste des élevages présents dans la partie « Lutte Biologique » (1^{er} semestre 2016)

Pièce	Type de macro-organisme	Identité du macro-organisme	Thématique (Projets associés)
PC1	–	En cours de réparation/transformation	–
PC2	Auxiliaire	Espèces japonaises parasitoïdes de <i>Drosophila suzukii</i> (hyménoptères Braconidae et Figitidae)	Lutte biologique contre <i>D. suzukii</i> (DROPSA & CASDAR)
PC3	Ravageur	<i>Ceratitis capitata</i> (diptères Tephritidae)	Lutte biologique contre <i>D. suzukii</i> (DROPSA & CASDAR)
PC4	Ravageur	<i>Drosophila suzukii</i> (diptères Drosophilidae)	Lutte biologique contre <i>D. suzukii</i> (DROPSA & CASDAR)
PC5	Ravageur	<i>Nezara viridula</i> (hémiptères Pentatomidae)	Parasitoïdes oophages de punaises <i>Pentatomidae</i> (EPOPE)
PC6	Ravageur	<i>Cydia pomonella</i> (lépidoptères Tortricidae)	Lutte biologique contre <i>C. pomonella</i> (BIOCCYD)
PC7	Auxiliaire	<i>Trichogramma</i> spp. (hyménoptères Trichogrammatidae)	Centre de ressources biologiques Ep-Coll (TRIPTIC)
PC8	Auxiliaire	<i>Mastrus ridens</i> (hyménoptères, Ichneumonidae)	Lutte biologique contre <i>C. pomonella</i> (BIOCCYD)
PC9	Ravageur	<i>Drosophila</i> spp. (diptères Drosophilidae)	Lutte biologique contre <i>D. suzukii</i> (DROPSA)
PC10	Auxiliaire	<i>Trichogramma</i> spp. (hyménoptères Trichogrammatidae)	Centre de ressources biologiques Ep-Coll (TRIPTIC)
PC11	Auxiliaire	<i>Macrolophus</i> sp (hémiptères Miridae)	Entomovectoring (SPE)
PC12		Stockage au froid (7°C)	Lutte biologique contre <i>C. pomonella</i> (BIOCCYD) Lutte biologique contre <i>D. kuriphilus</i> (CYNIPS 2)

Les élevages de ravageurs concernent différentes espèces appartenant à trois ordres d'insectes (diptères, hémiptères et lépidoptères) tandis que les élevages d'auxiliaires concernent principalement les hyménoptères. Avec une telle diversité de macro-organismes, il est indispensable d'être particulièrement vigilant quant aux éventuelles contaminations. Pour cela, le port de la blouse est obligatoire (Proc-RDLB-007). Deux jeux de blouses sont disponibles : des blouses blanches (disponible dans le sas « Lutte Biologique ») qui permettent de se déplacer dans les parties communes (couloir, laboratoire, laverie), et des blouses bleues (disponibles dans chacune des pièces climatiques) qui doivent être enfilées avant de pénétrer dans n'importe quelle pièce climatique. Chaque élevage est géré par un nombre « restreint » d'utilisateurs, ce qui diminue les risques de contamination. De plus, une des règles de base est que, pour tout couple « ravageur/auxiliaire(s) », ces deux types d'organismes soient maintenus dans des pièces séparées. De la même manière, s'il est nécessaire d'intervenir à la fois sur ces deux types d'élevages, on veillera à toujours s'occuper en premier de l'élevage du « ravageur » avant celui de « l'auxiliaire ».



Evolutions

Evolutions liées à la réglementation

A partir de 2012, les activités de la partie « Lutte Biologique » ont été impactées par des aspects réglementaires. En effet, dans le cadre de l'un des programmes de lutte biologique, nous avons dû obtenir un agrément pour le maintien d'un insecte de quarantaine, le cynips du châtaignier (*Dryocosmus kuriphilus*). Dans le même temps, une nouvelle réglementation concernant l'introduction en milieu confiné ou dans l'environnement de macro-organismes exotiques utiles aux végétaux s'est mise en place en France (Arrêté AGRG1225395A du 28 juin 2012). Depuis cette date, toute introduction d'auxiliaires exotiques doit préalablement faire l'objet d'une demande d'autorisation auprès de la DGAL. Cette demande doit être accompagnée d'un dossier technique, qui détaille notamment la biologie et l'écologie des macro-organismes concernés ainsi que les mesures de confinement prises pour leur maintien (dans le cas d'une demande d'introduction en milieu confiné), ou l'analyse des risques liés à leur introduction (dans le cas d'une demande d'introduction dans l'environnement). Chaque demande est instruite via l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) qui mandate des experts indépendants pour valider (ou non) la demande ou demander des renseignements complémentaires.

Compte-tenu de l'agencement initial de la partie « Lutte Biologique » (pièces climatiques contiguës les unes aux autres), la mise en place de nouvelles procédures de travail a été nécessaire. De plus, étant donné l'impact durable de la réglementation « macro-organismes exotiques » sur certains programmes de lutte biologique, notamment la lutte biologique par acclimatation³, nous avons mené une réflexion sur l'évolution souhaitable de la structure pour permettre de mieux répondre aux contraintes réglementaires.

Dans un premier temps, plusieurs aménagements ont été réalisés afin de répondre au niveau de confinement requis.

- ✓ Chaque pièce faisant l'objet d'un maintien d'espèces réglementées (ravageurs de quarantaine ou auxiliaires exotiques) a été munie d'une serrure afin que seules les personnes habilitées puissent pénétrer dans ces pièces. La liste de ces personnes est affichée sur la porte de chaque pièce, tout comme une copie des documents officiels (agrément et/ou Lettre officielle d'autorisation d'importation). Ces pièces contiennent également un registre permettant une traçabilité des entrées et sorties de matériel.
- ✓ Chaque pièce dispose d'un congélateur afin de tuer/immobiliser (après 48 h à -20°C) tout organisme présent dans les déchets solides avant qu'ils soient déplacés puis détruits par autoclavage.
- ✓ Des panneaux jaunes englués ont été placés dans différents endroits d'Entomopolis (pièce, couloir commun, sas) afin de détecter d'éventuelles « évasions ». Ces pièges sont inspectés puis renouvelés tous les mois (Proc-RDLB-008).
- ✓ Un désinsectiseur UV a été placé dans les sas d'entrée des deux parties. Ces sas, équipés d'un allumage automatique à détecteur de mouvements, sont la plupart du temps dans l'obscurité, ce qui augmente l'attractivité et l'efficacité du désinsectiseur.

Nous avons décrit ces aménagements et rédigé les nouvelles procédures de fonctionnement, qui ont été intégrées au dossier de demande d'autorisation. Ceci nous a permis d'obtenir l'autorisation de maintenir le ravageur de quarantaine *Dryocosmus kuriphilus* (période 2012-2017), l'auxiliaire exotique *Mastrus ridens* (depuis 2015) et des parasitoïdes exotiques de *Drosophila suzukii* (depuis 2016).

Malgré la mise en place de ces nouvelles procédures, l'organisation fonctionnelle à l'intérieur de la partie « Lutte Biologique » ne nous semblait toujours pas optimale. La cohabitation, dans un même espace, d'activités réglementées et non réglementées nous imposait en effet de « durcir » les procédures de travail, même pour les utilisateurs ne manipulant pas d'organismes réglementés. Au sein de la partie « Lutte Biologique », nous avons donc décidé de différencier deux zones en installant une cloison pour créer une zone dite « réglementée » comprenant les pièces 1, 2, 7 et 8 (cf. **Figure 1**). L'accès à cette zone est restreint par un lecteur de badge.

3 Lutte biologique par acclimatation : stratégie de lutte biologique visant à introduire un auxiliaire d'origine exotique dans l'environnement en vue de son établissement durable et d'un contrôle durable du ravageur ciblé (voir par exemple Borowiec et al., 2011).

Evolutions destinées à renforcer la sécurité et la fiabilité

Depuis sa mise en service, des investissements techniques ont permis de renforcer la fiabilité d'Entomopolis. Notamment, l'acquisition en 2014 d'un deuxième « groupe froid », pour prendre le relais en cas de panne du premier.

Dans le même esprit, nous avons été amenés à mettre en place un système de surveillance (Sirius, « Jules Richard Instruments ») indépendant de la GTC, suite à plusieurs dysfonctionnements de celle-ci (par exemple : hausse importante de température sans envoi de messages d'alarme). Ce nouveau système, qui fonctionne non pas avec le courant alternatif mais avec des capteurs munis de piles, n'est pas sensible aux coupures électriques. Ce système nous permet également le suivi des températures/hygométrie dans chacune des pièces climatiques et est accessible depuis n'importe quel ordinateur. Il nous permet enfin de configurer l'envoi de messages d'alarme par mail et/ou par téléphone (SMS).

D'autres améliorations ont été réalisées. Par exemple, une toiture a été installée au-dessus des cuves de chloration de manière à éviter tout débordement lors de pluies intenses.

Au niveau logistique, un stock de pièces de rechange (sondes thermo/hygro, moteurs, ventilateurs-convecteurs, résistances, etc.) pour les chambres climatiques a été créé en concertation avec les Services techniques afin d'être plus réactif lors des pannes, et ainsi de pouvoir maintenir l'activité expérimentale dans de bonnes conditions.

Perspectives

Bien que de nombreuses améliorations techniques aient été réalisées depuis sa construction, ce bâtiment reste en évolution perpétuelle et d'autres transformations nous apparaissent souhaitables. Parmi celles-ci, les plus évidentes sont : (i) la réhabilitation de la PC1 et sa transformation en laboratoire pour la zone « réglementée », (ii) la mise en place d'un système de protection contre la foudre et/ou les microcoupures électriques qui sont la cause de dysfonctionnements très dommageables (panne des régulateurs induisant des hausses de températures) et de surcoûts financiers, (iii) la mise en place d'un coupe-circuit du système d'arrivée d'eau sur les cuves de chloration (empêchant ainsi tout débordement d'une cuve à la suite d'une fuite ou d'une mauvaise manipulation) ou (iv) la mise en place d'une alarme sonore en cas d'ouverture de l'issue de secours de la partie « Lutte Biologique ».

Conclusion

La construction du bâtiment Entomopolis sur le site de Sophia-Antipolis nous a permis de disposer d'un outil performant pour les expérimentations et les élevages d'insectes entomophages ou ravageurs de culture, incluant des organismes soumis à réglementation. Sa situation isolée au sein du site ainsi que les divers équipements qui lui sont liés nous permettent un confinement optimal des insectes étudiés. Toutefois, la présence de nombreuses espèces différentes, le renouvellement périodique (sur un pas de temps d'environ 5 ans) d'une partie des modèles étudiés et l'évolution de la réglementation nécessitent en permanence la mise en place de procédures de travail spécifiques et/ou renforcées.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier le Département Santé des Plantes et Environnement de l'INRA et la Direction de l'UMR ISA pour le soutien apporté lors de la genèse et de la construction d'Entomopolis. Nous remercions également les Services techniques du site INRA de Sophia-Antipolis pour leur implication dans le suivi de cette infrastructure et les échanges fructueux concernant son évolution.

La construction du bâtiment Entomopolis a été réalisée dans le cadre d'un Contrat de Plan Etat – Région (CPER). Les aménagements récents de l'infrastructure ont été rendus possibles principalement grâce aux contrats de recherche ECOPHYTO « Cynips du châtaignier » (Responsable : N. Borowiec - convention ONEMA).





Références bibliographiques

Borowiec N, Fleisch A, Kreiter P, Tabone E, Malausa T, Fauvergue X, Quilici S, Ris N, Malausa JC (2011) Lutte biologique classique et insectes phytophages : Où en est la recherche ? Quels sont les enjeux et dans quels contextes ? Quelle évolution future ? *Phytoma, la Défense des végétaux* **647** : 16-20.

Eilenberg J, Hajek A, Lomer C (2001) Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biocontrol* **46** : 387-400.

Giraud M, Hiliou F, Fricaux T, Audant P, Feyereisen R, Le Goff G (2015) Cytochrome P450s from the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): response to plant allelochemicals and pesticides. *Insect Mol Biol* **24** : 115-128.

Marchand A, Sellier N, Warot S, Ion-Scotta M, Ris N, Groussier-Bout G (2017) Formalisation d'un centre de ressources biologiques dédié aux parasitoïdes oophages : CRB EP-Coll. *Cahier des Techniques de l'INRA* : 49-58.

